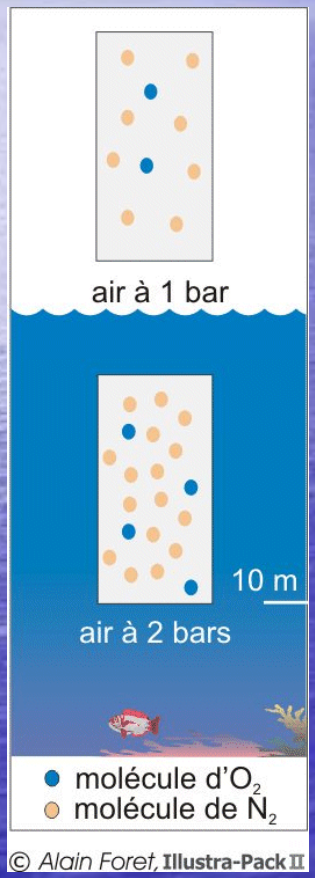
Compresseurs et station de gonflage

La compressibilité des gaz



Comprimer un gaz : mettre un plus grand nombre de molécules dans un même volume.

Les gaz se compriment facilement.

Lois physiques

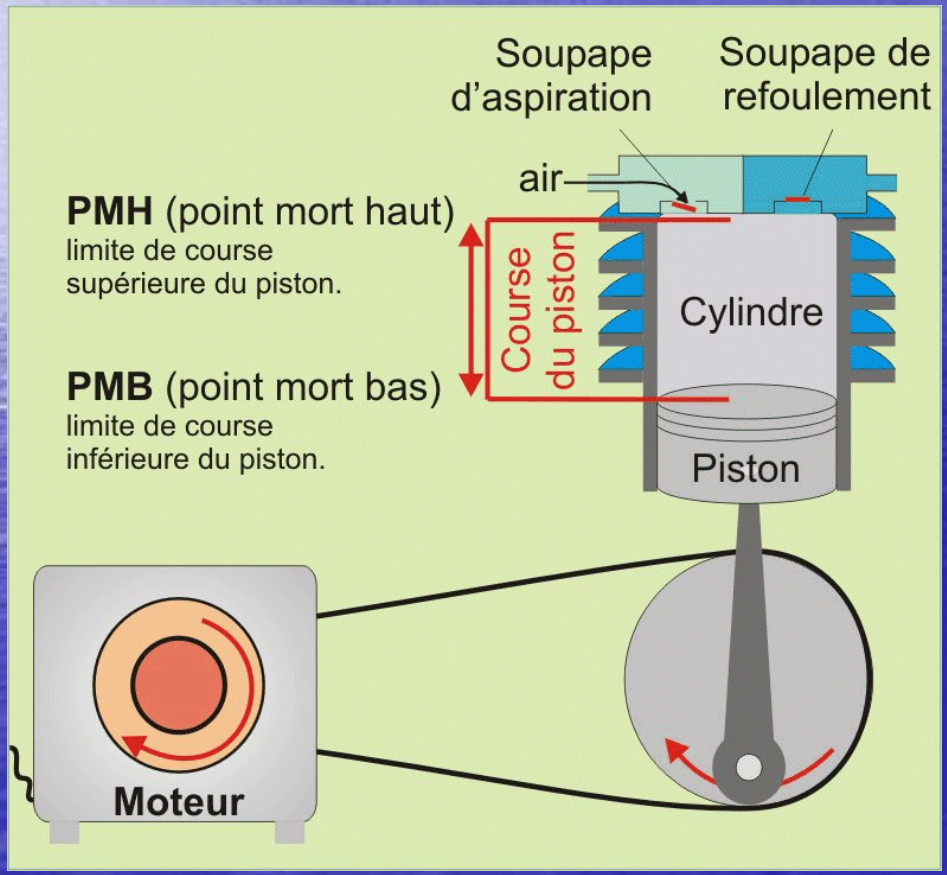
Rappels :

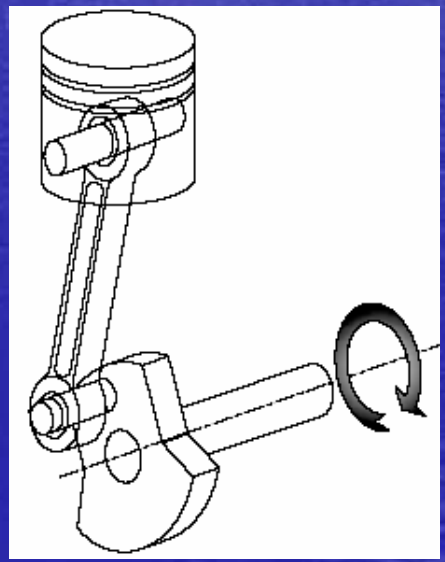
Boyle Mariotte (1679) : « **A température constante**, le volume d'une masse gazeuse varie en raison inverse de sa pression ». P X V = Constante

Loi de Charles : « **A volume constant**, la pression d'un gaz augmente proportionnellement à l'élévation en température ». P / T = constante

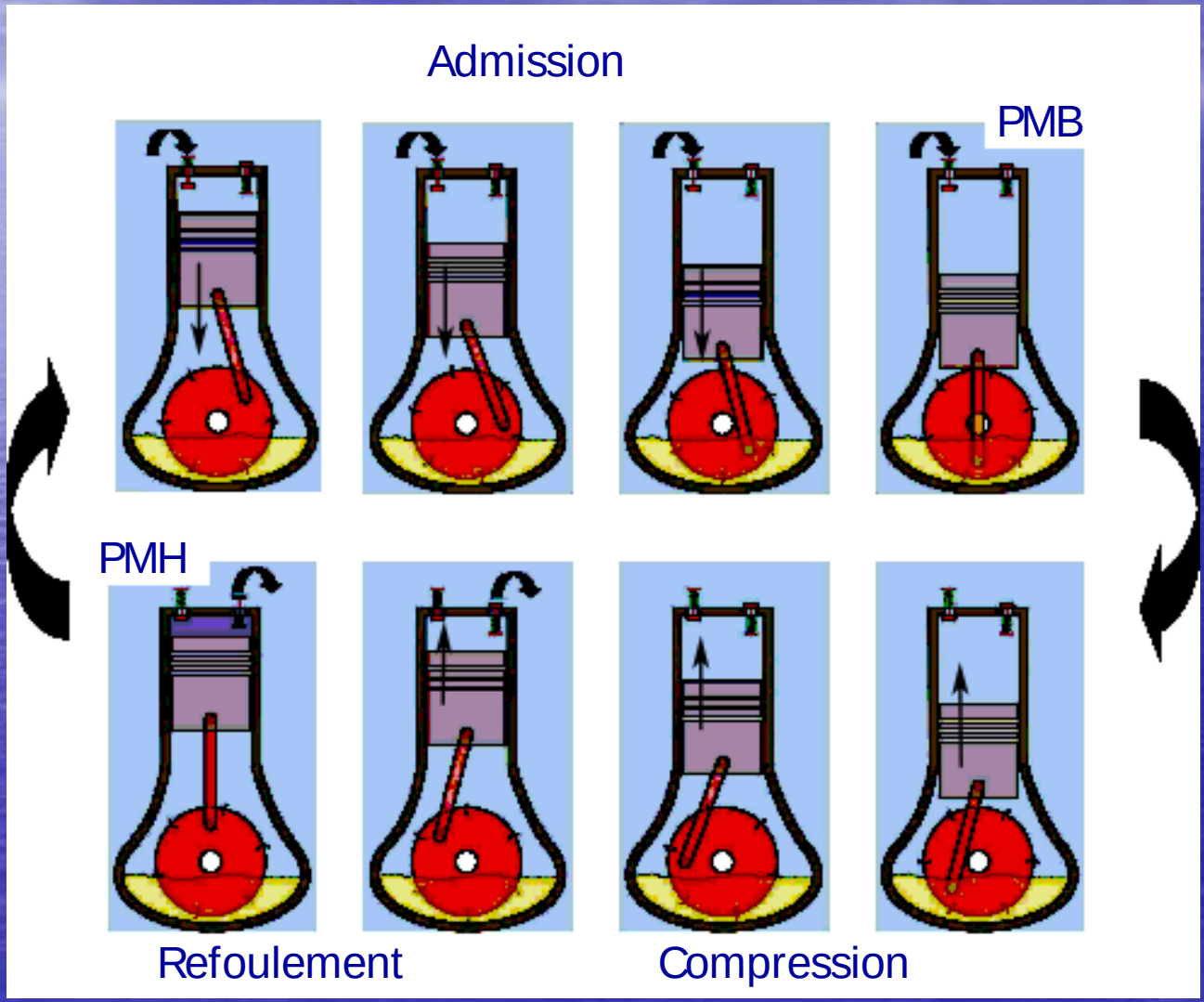
Loi de Gay-Lussac : « **A pression constante**, le volume d'un gaz augmente proportionnellement à l'élévation en température ». V / T = constante

L'unité de base : Ensemble Piston / Cylindre

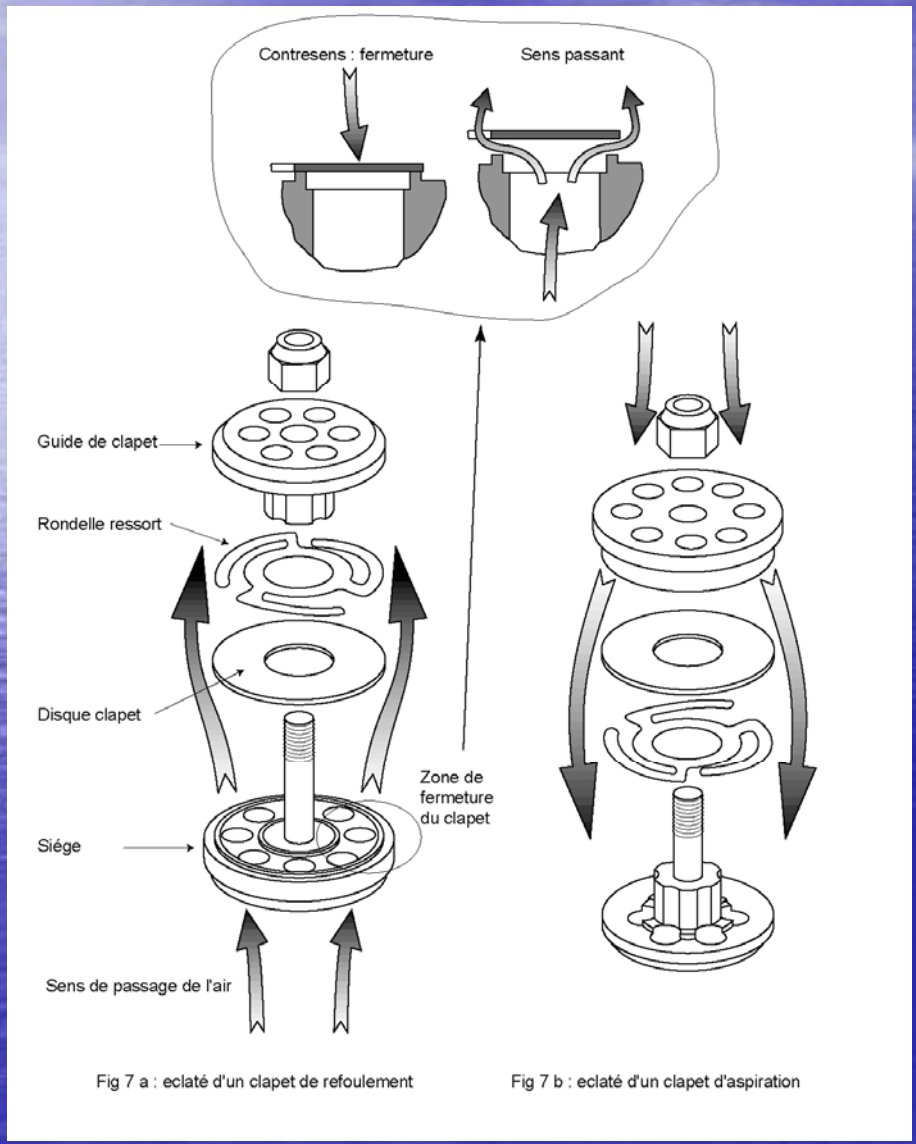




Cycles de fonctionnement



Clapets


Contresens : fermeture
Sens passant
Guide de clapet
Rondelle ressort
Disque clapet
Siége
Sens de passage de l'air
Zone de fermeture du clapet
Fig 7 a : eclaté d'un clapet de refoulement
Fig 7 b : eclaté d'un clapet d'aspiration

Les clapets s'ouvrent et se ferment environ 1500 fois par minute.

Contraintes mécaniques

La compression rapide d'un gaz et les frottements mécaniques entraînent une augmentation importante de la température.

Refroidissement et lubrification sont indispensables au bon fonctionnement

Le refroidissement peut être à l'air ou à l'eau

Les huiles utilisées sont spécifiques (faible toxicité)

Les échangeurs

Comprimé de l'air dans un rapport de 4 l'amène en théorie de 20 à 237 °C

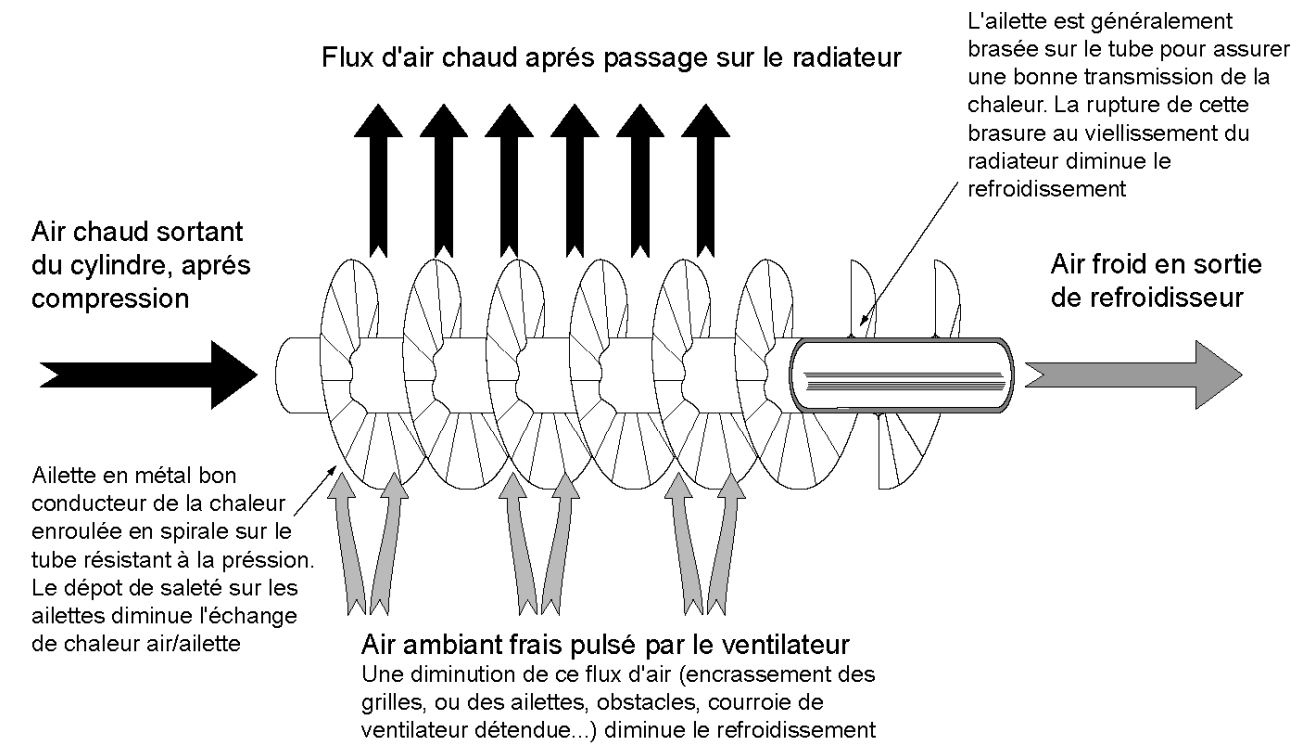
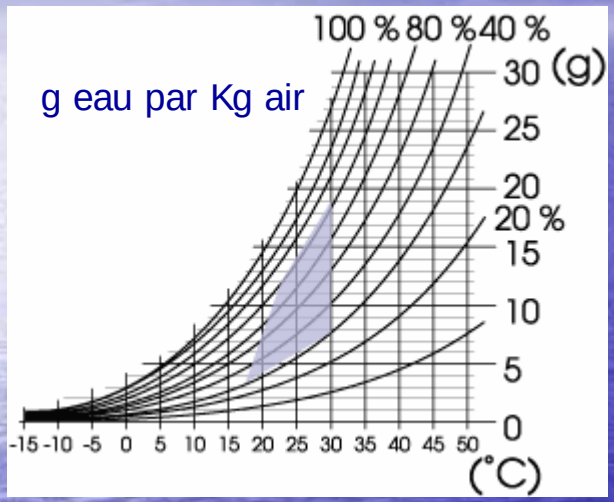

Flux d'air chaud aprés passage sur le radiateur
L'ailette est généralement brasée sur le tube pour assurer une bonne transmission de la chaleur. La rupture de cette brasure au viellissement du radiateur diminue le refroidissement
Air chaud sortant du cylindre, aprés compression
Air froid en sortie de refroidisseur
Ailette en métal bon conducteur de la chaleur enroulée en spirale sur le tube résistant à la préssion. Le dépot de saleté sur les ailettes diminue l'échange de chaleur air/ailette
Air ambiant frais pulsé par le ventilateur
Une diminution de ce flux d'air (encrassement des grilles, ou des ailettes, obstacles, courroie de ventilateur détendue...) diminue le refroidissement

Fig 8 a : Principe d'un radiateur (ou refroidisseur) à air

L’hygrométrie de l’air



A une pression et une température données l’air peut contenir au maximum une certaine quantité d’eau (saturation = 100%)

Refroidir de l’air provoque une augmentation de son hygrométrie

Comprimé de l’air provoque une augmentation de son hygrométrie

Variation d'hygrométrie

En se comprimant l'air se sature en eau et se réchauffe. (Hygrométrie de 100%)

Nécessité d'enlevé l'eau en excès après la compression

Arrivé dans la bouteille l'air se refroidit donc condense : présence d'eau

En plongée, l'air respiré se détend. Le degré d'hygrométrie diminue. L'air devient sec et déshydratant

La filtration

L'air fourni par le compresseur doit être « biologiquement propre » et relativement sec.

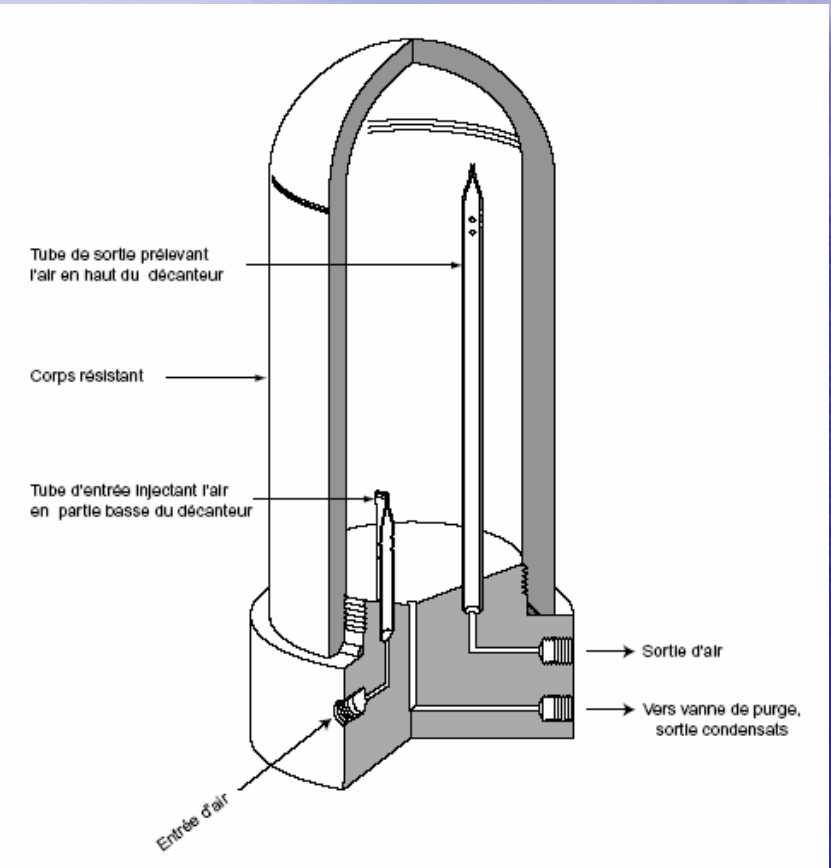
L'air ne doit pas contenir d'éléments susceptibles de nuire au fonctionnement du compresseur

Filtre dépoussiéreur en entré de compresseur (papier, bain huile, feutre gras, centrifuge, …)

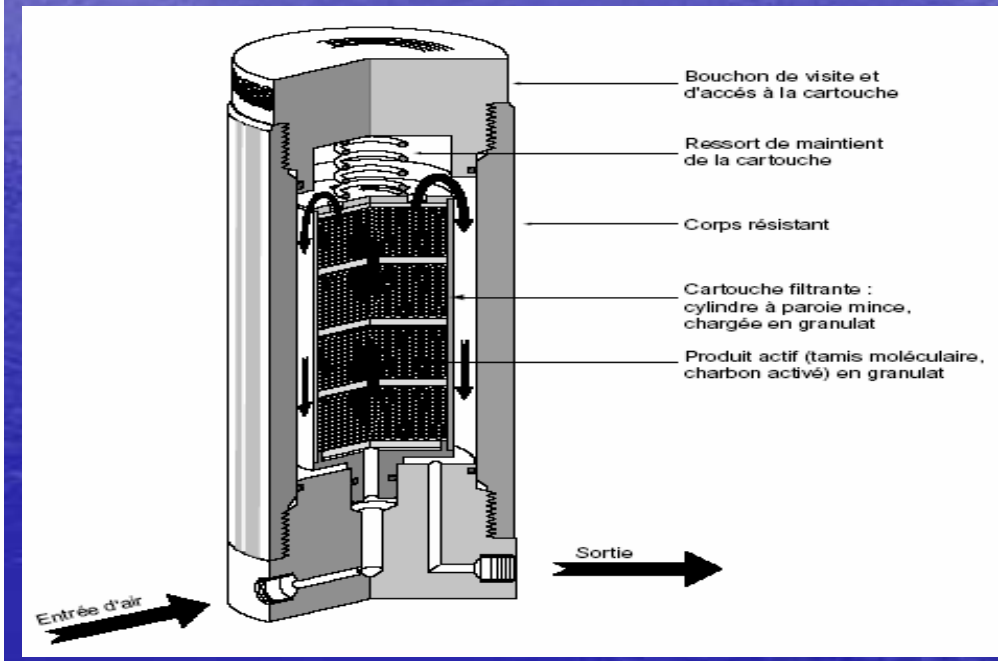
Filtre décanteur centrifuge pour l'élimination des vapeurs d'eau et d'huile après compression (automatique ou manuel : toutes les 8 à 12 mn)

Filtre à tamis moléculaire, charbon actif et feutre en filtration finale (élimination CO^2 , $H2O$, huile, poussières)

Détail de filtres


Tube de sortie prélevant l'air en haut du décanteur
Corps résistant
Tube d'entrée injectant l'air en partie basse du décanteur
Sortie d'air
Vers vanne de purge, sortie condensats
Entrée d'air

Filtre décanteur


Bouchon de visite et d'accès à la cartouche
Ressort de maintient de la cartouche
Corps résistant
Cartouche filtrante : cylindre à paroie mince, chargée en granulat
Produit actif (tamis moléculaire, charbon activé) en granulat
Sortie
Entrée d'air

Filtre terminal

Compression par étage

Mécaniquement, la compression de l'air à des hautes pression ne peut se faire en une seule opération. On procède par étapes successives appelées étages.

1° Etage	2° Etage	3° Etage	4° Etage	5° Etage
6 bars	45 bars	225 à 330 bars		
4 bars	20 bars	60 bars	225 à 330 bars	
4 bars	15 bars	45 bars	150 bars	225 à 330 bars

Caractéristiques des différents étages

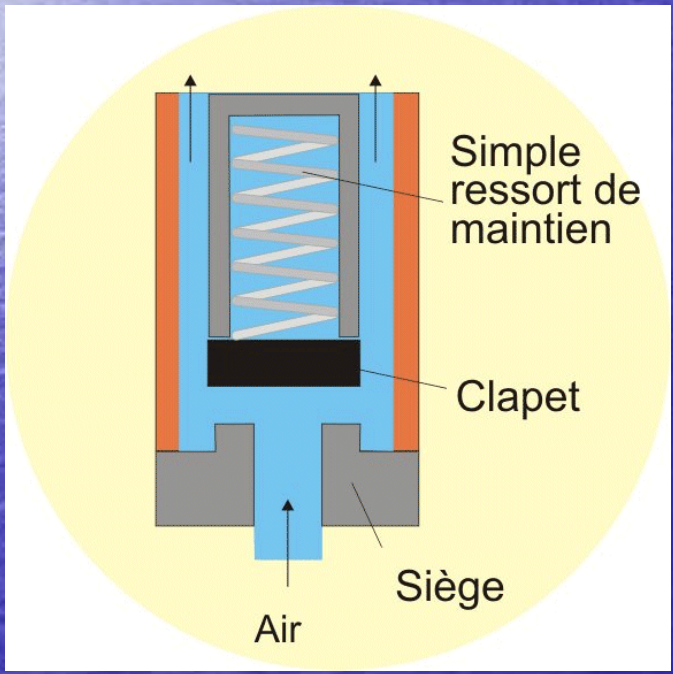
Le volume généré par le mouvement du piston du premier étage ainsi que la vitesse de rotation du vilebrequin vont déterminer la capacité du compresseur (1500tr/mn X 0,24l donne 22 m3/h) au niveau de la mer

Les étages successifs sont décalés

Le volume des étages successifs va en diminuant

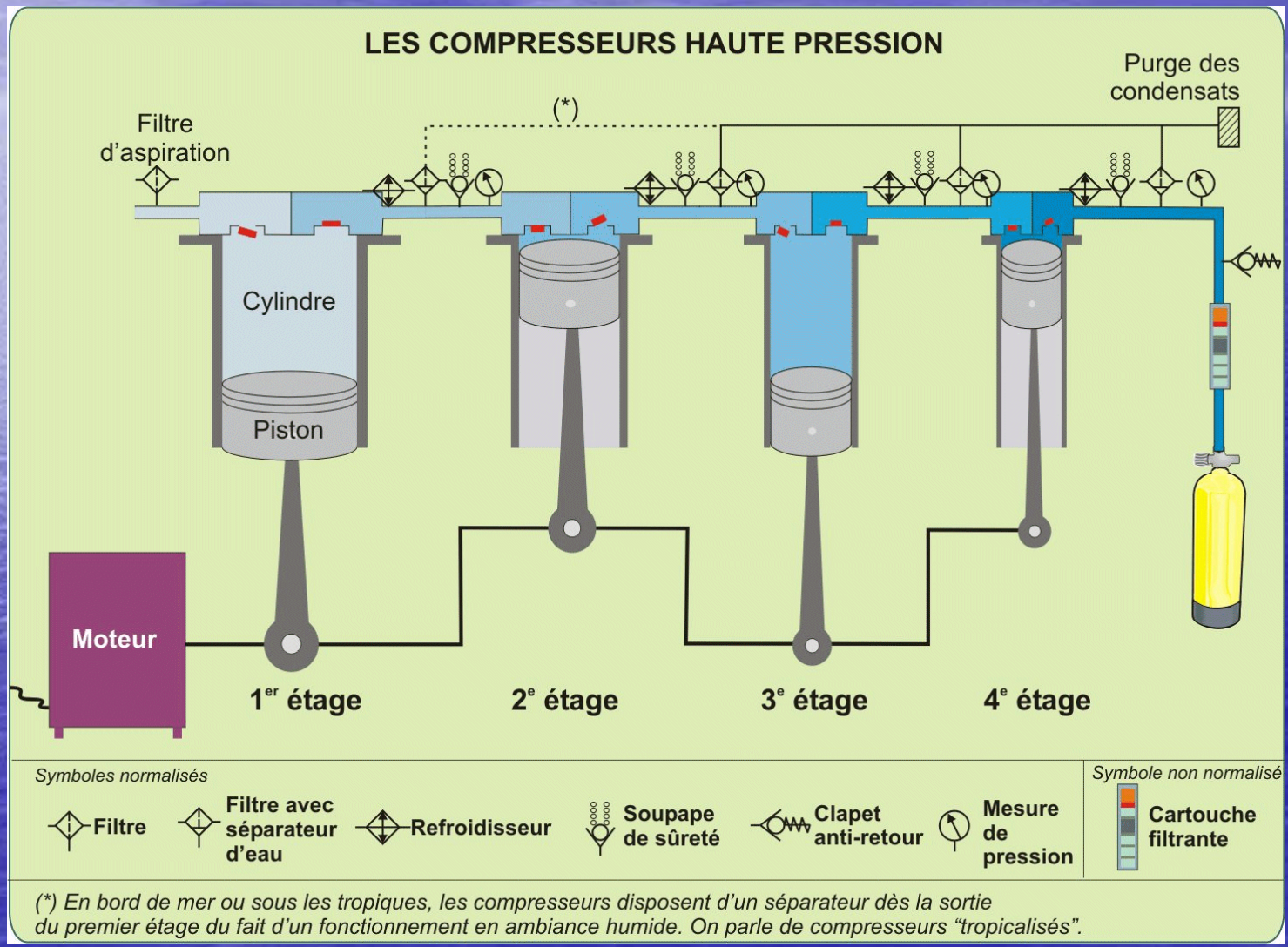
Soupapes de sécurité

Afin d'éviter toute détérioration, des soupapes de sécurités sont installées entre les étages. Elles permettent d'évacuer tout excès accidentel de pression.



Une soupape est caractérisée par sa pression de déclenchement ainsi que son débit.

Schéma d'un compresseur



Caractéristiques d'un compresseur

Un compresseur est caractérisé par :

Son mode d'entraînement (électrique 220/380v, thermique, accouplement sur moteur de bateau, …)

Ses capacités débit et pression (22m3/h, 230 bars)

Son coût d'entretien

Son mode de refroidissement

Son poids

Son volume sonore

…

Exemple de choix

Mission en corse d'une semaine, loin de tout club de plongée.

Besoin de gonfler 2 X 4 blocs de 15 litres 200 bars par jour. Soit 2 X 9 m3/ jour

Possibilité d'alimentation électrique en 220V uniquement.

Choix :

Location compresseur portable Bauer Junior de 100l/mn à 200 bars alimenté en 220V 2,2KW. Une sortie. Purge manuelle. Poids 46kg

1 filtre terminal à cartouche jetable (autonomie 120m3) en DIN

3 lyres de raccordement DIN pour gonflages simultanés des 4 blocs

Temps de gonflage estimé : max 2 x 1,5H/jour. Budget : 250€

Station de gonflage

Ses fonctions sont :

Remplir les blocs de plongée

Assurer une sécurité acceptable

Permettre un travail rapide (utilisation de réserves tampon)

Station de gonflage
Composition

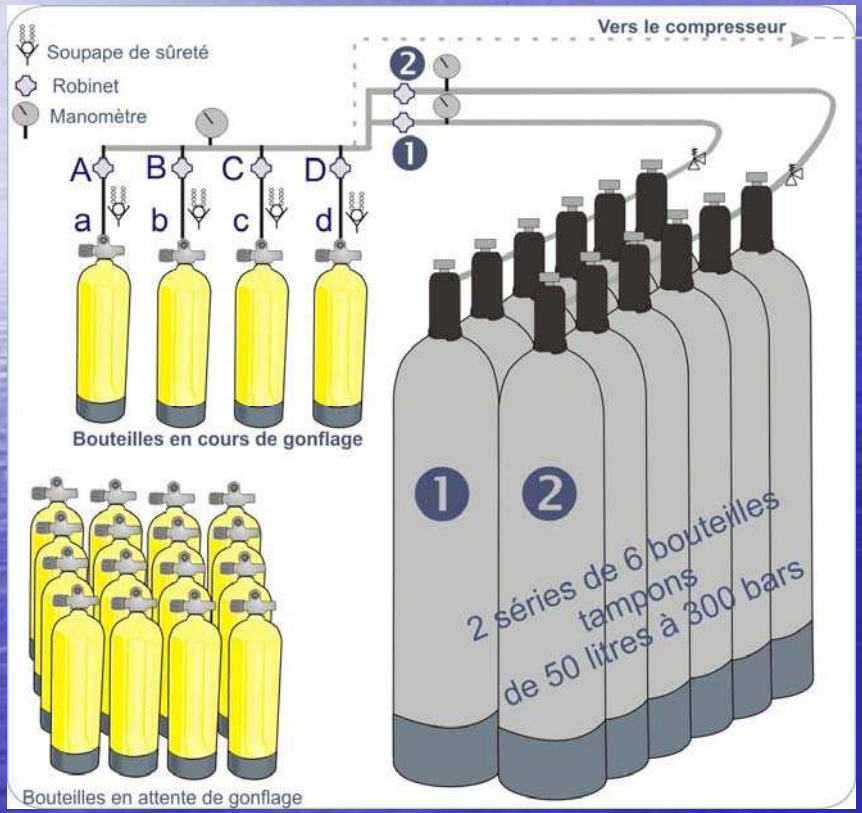
Compresseur

Bouteilles tampon

Rampe de gonflage

Moyens de contrôle et de sécurité

Station de gonflage
Schéma



Bouteilles tampon

Bouteilles de grand volume (30, 50 litres) reliées entre elles.

Possibilité d'utiliser plusieurs série de tampon indépendants

Pression de service généralement supérieure aux blocs (300, 350 bars)

Soumis à ré-épreuve (10 ans) et visite (40 mois)

Chaque ensemble équipé d'une soupape correctement dimensionnée

Rampe de gonflage

Permettre le chargement des blocs à la pression de service.

- Flexible de raccordement en étrier ou DIN avec vanne d'isolation et vanne de purge
- Manomètre de pression de la rampe
- Soupape tarée à la pression de service des blocs
- Un détendeur permettant de limiter la pression au niveau de la rampe (si pression tampon supérieure)

Dangers liés à l'utilisation d'une station de gonflage

Electrocution (indice de protection, protection différentielle, nature des câbles, continuité de terre)

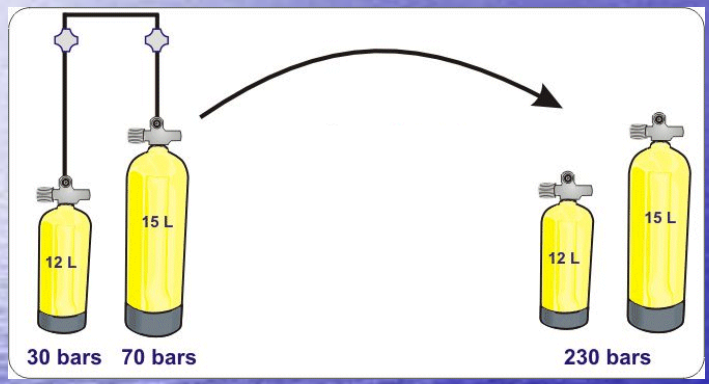
Rupture de flexible ou tuyauterie (fixation des canalisation, câble anti fouet sur flexibles de plus de 1m)

Courroie, ventilateur, arbre d'entraînement (cache de protection, sectionner l'alimentation avant intervention)

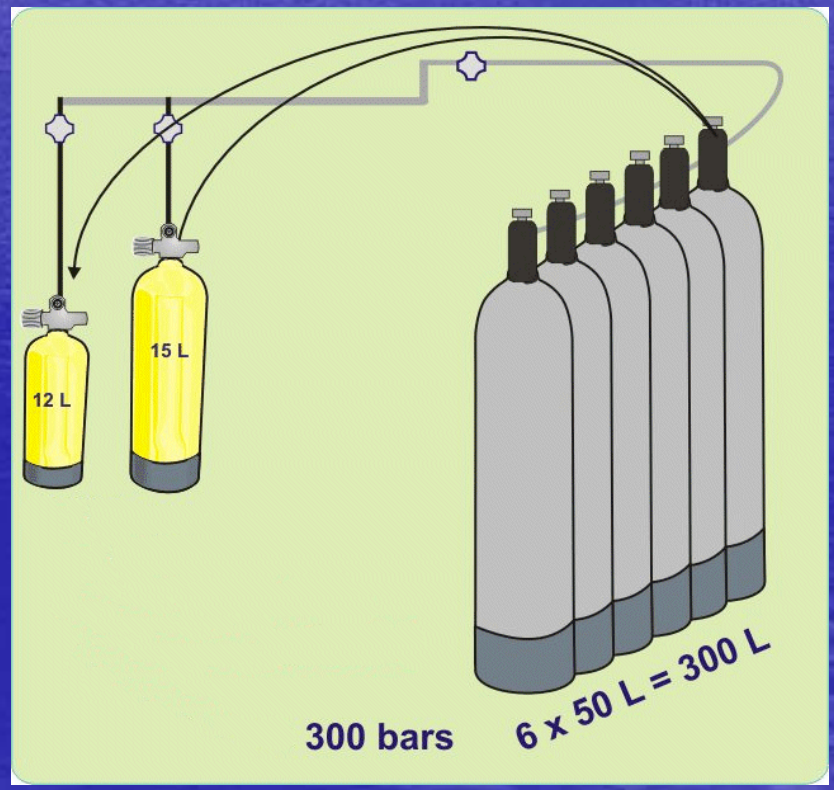
Chutes, démarrage intempestif, niveau sonore, risques liés à la maintenance

Principe d'utilisation des tampons

On veut gonfler 2 blocs à 230 bars

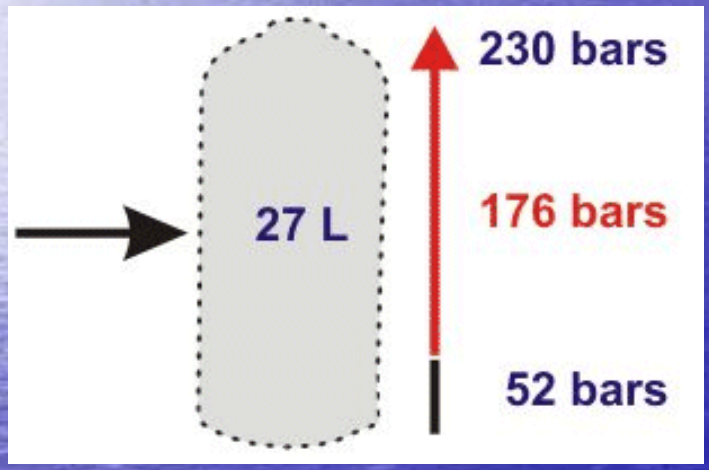


On disposes de tampons (300l à 300bars)



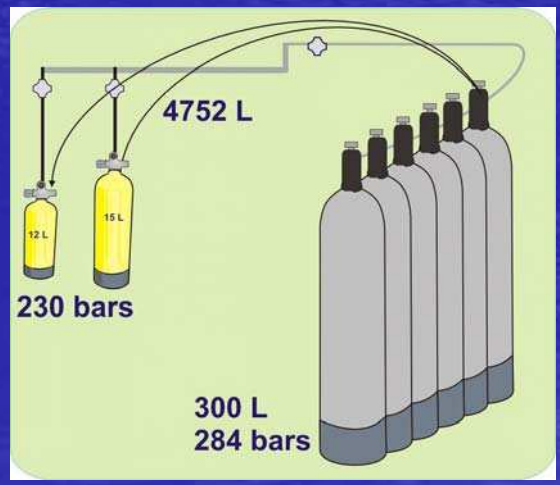
Principe d'utilisation des tampons (suite)

Mis en communication nos 2 blocs nous donnent 27 litres à 52 bars



Pour les compléter il manque : 27 x 176 = 4752 litres

Retirés aux tampons leur pression chute à 284 bars



Consignes d'utilisation d'une station de gonflage

- Utilisation par du personnel qualifié
- Vérification du niveau huile compresseur avant démarrage
- Contrôle des dates d'épreuve avant gonflage
- Purge des robinetteries blocs avant raccordement à la rampe
- Respect des pressions de service
- Purger fréquemment les décanteurs et filtres (si non automatique) et recyclage des condensats

Consignes de Maintenance d'une station de gonflage

Carnet d'entretient à jour

Carnet de suivi rempli (Qui/Jour/Nbr heure)

PV de contrôle des soupapes, carter, tampons

Vidange périodique huile compresseur

Remplacement périodique des filtres

Dépoussiérage des échangeurs et radiateurs

Contrôle des courroies

Contrôle des borniers électriques

Analyse d'air annuelle (ou après intervention)

Analyse d’air

Contrôle annuel ou après maintenance

Contrôle des teneurs en CO, CO2, H2O et huile

Affichage résultats obligatoire

Valeurs maxi :

- CO2 500ml/m3
- H2O 50mg/m3
- Huile 0,5 mg/m3
- CO 15ml/m3

Analyse d’air

Mallette d’analyse

Tubes de contrôle

Risques de pollution de l'air

Prise d'air (polluants à proximité)

Huile non conforme

Usure du compresseur (consommation excessive d'huile)

Défauts de purges

Filtres encrassés

Echauffement anormal (détérioration de l'huile = production de CO et CO_2)

Mini guide de dépannage

Pannes	Causes possibles
Excès de pression inter étage	Clapet d'aspiration étage suivant
Pression ou débit insuffisant	Filtre bouché, fuite, courroie Clapet défectueux, purge ouverte
Echauffement anormal	Ambiance surchauffée, circuit de refroidissement
Bruit excessif (hors démarrage)	Manque d'huile, embiellage
Démarrage impossible	Défaut d'alimentation, compresseur bloqué